

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局



(43) 国際公開日  
2004年6月17日 (17.06.2004)

PCT

(10) 国際公開番号  
WO 2004/051790 A2

(51) 国際特許分類: H01Q  
(21) 国際出願番号: PCT/JP2003/014562  
(22) 国際出願日: 2003年11月17日 (17.11.2003)  
(25) 国際出願の言語: 日本語  
(26) 国際公開の言語: 日本語  
(30) 優先権データ:  
特願 2002-332509  
2002年11月15日 (15.11.2002) JP  
(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): パナソニック  
モバイルコミュニケーションズ株式会社 (PANASONIC MOBILE  
COMMUNICATIONS CO., LTD.) [JP/JP]; 〒223-8639  
神奈川県横浜市港北区綱島東4-3-1 Kanagawa (JP). 日

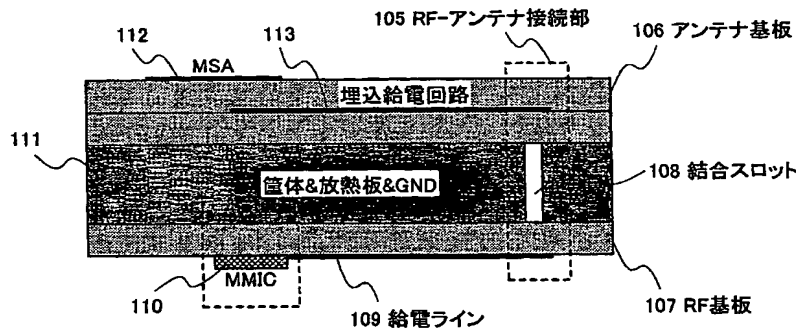
本電信電話株式会社 (NIPPON TELEGRAPH AND  
TELEPHONE CORPORATION) [JP/JP]; 〒100-8116  
東京都千代田区大手町二丁目3番1号 Tokyo (JP).

(72) 発明者; および  
(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 榎 貴志  
(ENOKI, Takashi) [JP/JP]; 〒233-0006 神奈川県 横  
浜市 港南区 芹が谷 4-31-25 Kanagawa (JP). 関 智弘  
(SEKI, Tomohiro) [JP/JP]; 〒180-8585 東京都 武蔵野  
市 緑町3丁目9-11 NTT 知的財産センタ内 Tokyo  
(JP). 厚木 岳夫 (ATSUGI, Takeo) [JP/JP]; 〒180-8585 東  
京都 武蔵野市 緑町3丁目9-11 NTT 知的財産セン  
タ内 Tokyo (JP). 梅比良 正弘 (UMEHIRA, Masahiro)  
[JP/JP]; 〒180-8585 東京都 武蔵野市 緑町3丁目9-11  
NTT 知的財産センタ内 Tokyo (JP).

[続葉有]

(54) Title: ACTIVE ANTENNA

(54) 発明の名称: アクティブアンテナ



105... RF-ANTENNA CONNECTION PORTION  
106... ANTENNA SUBSTRATE  
113... BURIED FEEDING CIRCUIT  
111... CASE & HEAT DISSIPATING BLOCK & GND  
108... COUPLING SLOT  
109... FEEDING LINE  
107... RF SUBSTRATE

(57) Abstract: An MSA (112) and an MSA feeding circuit (113) for feeding power to an MSA (112) are disposed on an antenna substrate (106). A high-output amplifier (102) serving as an active element and a low-noise amplifier (103) also serving as an active element are mounted on an RF substrate (107). A heat-dissipating block (111) is interposed between the antenna substrate (106) and the RF substrate (107). An RF-antenna connection portion (105) electromagnetically couples the MSA feeding circuit (113) to a feeding line (109) on the RF substrate (107) through a non-radiative coupling slot (108). Thus, even if the active antenna is used for a high-output large power consumption device, the characteristics do not degrade. Therefore a small, simple active antenna can be produced.

(57) 要約: MSA (112) および MSA (112) に給電する MSA 給電回路 (113) がアンテナ基板 (106) に配置され、アクティブ素子である高出力増幅器 (102)、低雑音増幅器 (103) 等が RF 基板 (107) に実装される。アンテナ基板 (106) と RF 基板 (107) の間にはさまれ

[続葉有]



(74) 代理人: 鷺田 公一 (WASHIDA, Kimihito); 〒206-0034  
東京都 多摩市 鶴牧1丁目24-1 新都市センタービル  
5階 Tokyo (JP).

(81) 指定国 (国内): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB,  
BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK,  
DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR,  
HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR,  
LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ,  
NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE,  
SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US,  
UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国 (広域): ARIPO 特許 (BW, GH, GM, KE, LS,  
MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア特

許 (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ特許 (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI 特許 (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告書なし ; 報告書を受け取り次第公開される。

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

た放熱ブロック (111) を有する。RF-アンテナ接続部 (105) は、アンテナ基板 (106) 上に配置されたMSA給電回路 (113) とRF基板 (107) 上の給電ライン (109) との間を非放射の結合スロット (108) により電磁界結合させる。これにより、高出力で、消費電力の大きいデバイスを使用した場合にも、その特性劣化を抑圧し、簡易な構成にて、小型化可能なアクティブアンテナを提供することができる。

## 明 細 書

## アクティブアンテナ

## 5 技術分野

本発明は、高出力増幅器、低雑音増幅器等のアクティブ素子をアンテナのエレメントと一体化させた構造を採るアクティブアンテナに関する。

## 背景技術

- 10 準ミリ波帯以上の周波数では、空間での電磁波の伝搬減衰が大きいため、充分な通信エリアを確保するためには、出力電力の向上およびアンテナの高利得化が必要である。

- 従来の無線機は、独立したアンテナと無線機本体を同軸ケーブル等により接続しているため、ケーブル損失を補うために、最終段にある増幅器を高出力化・高利得化する必要があった。この一つの解決策として、アンテナとR  
15 F回路(アクティブ素子が実装された)を一体化したアクティブアンテナが存在する。

- 従来のアクティブアンテナの実装断面図を図1に示す。アクティブアンテナのRF回路は、RF-アンテナ一体多層基板11上または内層に配置される。アンテナをマイクロストリップアンテナ(MSA)12とした場合には、アンテナの構成上GND(グランド)層13が必要であり、電力増幅器、低雑音増幅器、送受切換器等のMMIC(Microwave Monolithic Integrated Circuit)14は、アンテナと反対の面に通常実装される。送受切換器およびアンテナはRF-アンテナ結合スルーホール15によって結合される。

- 25 しかしながら、準ミリ波帯以上を使用するシステムにおいては、図1のようなアンテナ-RF回路間の損失を減少させる構成を採り、更に通話エリアの拡大、および伝送品質の確保のために、高出力な電力増幅器を用いる必要

がある。上記のように基板上にMMICを実装した場合には、その放熱量にも限界があり、デバイスが高温条件下で動作する場合には、その特性劣化等も考慮しなければならない、最悪、長時間使用時には、破壊してしまう可能性もある。

5

#### 発明の開示

本発明の目的は、高出力で、消費電力の大きいデバイスを使用した場合にも、その特性劣化を抑圧し、簡易な構成にて、小型化可能なアクティブアンテナを提供することである。

- 10 この目的は、アンテナと、信号を増幅して前記アンテナに出力する高出力増幅器と、前記アンテナに受信された信号を増幅する低雑音増幅器とを具備するアクティブアンテナであって、前記アンテナおよび前記アンテナに給電する給電回路を含むアンテナ基板と、アクティブ素子である前記高出力増幅器および前記低雑音増幅器を実装するRF基板と、前記アンテナ基板と前記
- 15 RF基板の間に挿入される放熱ブロックとを具備し、前記アンテナ基板と前記RF基板との間を結合スロットにより電磁界結合させるアクティブアンテナにより解決される。

#### 図面の簡単な説明

- 20 図1は、従来のアクティブアンテナの実装断面図、
- 図2は、本発明の実施の形態1に係るアクティブアンテナの構成を示すブロック図、
- 図3は、本発明の実施の形態1に係るアクティブアンテナの実装断面図、
- 図4Aは、本発明の実施の形態1に係るRF-アンテナ接続部詳細図(Top
- 25 view)、
- 図4Bは、本発明の実施の形態1に係るRF-アンテナ接続部詳細図(Cross-sectional view)、

図 5 は、本発明の実施の形態 2 に係るアクティブアンテナの構成を示すブロック図、

図 6 は、本発明の実施の形態 3 に係るアクティブアンテナの構成を示すブロック図、

5 図 7 は、本発明の実施の形態 4 に係るアクティブアンテナの構成を示すブロック図、

図 8 は、本発明の実施の形態 5 に係るアクティブアンテナの構成を示すブロック図である。

#### 10 発明を実施するための最良の形態

以下、本発明の実施の形態について、添付図面を参照して詳細に説明する。

(実施の形態 1)

図 2 は、本発明の実施の形態 1 に係るアクティブアンテナの回路構成を示すブロック図である。

15 図 2 に示すアクティブアンテナの回路は、アンテナ 100 と、高出力増幅器 (PA) 102 と、低雑音増幅器 (LNA) 103 と、アンテナ信号ラインを送信側および受信側のそれぞれに分離する送受切換器 101 と、無線装置に接続される信号ラインを送信側および受信側のそれぞれに分離する送受切換器 104 とを有する。

20 信号経路は次のようになっている。無線装置結合端 114 を介し無線装置から入力された送信信号は、送受切換器 104 で出力先が切り換えられ、高出力増幅器 102 に出力される。高出力増幅器 102 によって電力が増幅された送信信号は、送受切換器 101 で出力先が切り換えられ、アンテナ 100 を介し空間上に放射される。一方、アンテナ 100 を介し受信された信号は、送受切換器 101 で出力先が切り換えられ、低雑音増幅器 103 に出力される。低雑音増幅器 103 によって増幅された受信信号は、送受切換器 104 で出力先が切り換えられ、無線装置結合端 114 を介し無線装置に出力

される。

ここで、送受切換器 101 および送受切換器 104 は、適用するシステムにより構成が異なり、例えば、送受信で同一周波数を用いる TDD (Time Division Duplex) システムであれば、ある時間で送信側、受信側を選択する  
5 スイッチ構成になり、FDD (Frequency Division Duplex) システムであれば、フィルタを組み合わせた共用器、あるいはスイッチとフィルタの組み合わせでもよく、特定の構成に限定されるものではない。

また、低雑音増幅器 103 は、システム全体の所要雑音指数(NF)によっては、本実施の形態に係るアクティブアンテナ側に必ずしも実装されてい  
10 なくてもよく、無線装置結合端 114 に接続される無線装置側に実装されていてもよい。

次に、本実施の形態に係るアクティブアンテナの実装断面図を図 3 に示す。  
ここでは、アンテナとしてマイクロストリップアンテナ(MSA) 112 を例  
にとって示す。また、説明を簡単にするため 1 つのパッチのみを示している  
15 が、複数のパッチアンテナでも構わない。

図 3 に示すように、本実施の形態実施に係るアクティブアンテナの主な構成は、アンテナ基板 106 と放熱ブロック 111 と RF 基板 107 とからなる。放熱ブロック 111 は、筐体および GND (グラウンド) としての役目も  
負っている。

20 MSA 112 はアンテナ基板 106 上に、また、MSA 112 に給電する MSA 給電回路 (埋込給電回路) 113 はアンテナ基板 106 の内部に配置されている。また、アクティブ素子である高出力増幅器 102 および低雑音増幅器 103 等を実装する MMIC 110 は、RF 基板 107 上に配置されている。

25 そして、アンテナ基板 106 と RF 基板 107 の間に放熱ブロック 111 が挟まれ (挿入され)、アンテナ基板 106 と放熱ブロック 111 の間、および放熱ブロック 111 と RF 基板 107 の間は互いに密着する構成となつて

いる。このように互いに密着する構成を採ることにより、アクティブアンテナとしての一体性が保たれる。また、放熱ブロック 111 と RF 基板 107 とが密着していることにより、RF 基板 107 で発生した熱を効率良く放熱することができる。

- 5      また、この放熱ブロック 111 には中空の結合スロット 108 が設けられている。アンテナ基板 106 と RF 基板 107 は、この結合スロット 108 を有する RF-アンテナ接続部 105 を介して、互いに接続されている。

- ここで、結合スロット 108 は、通常のスロットアンテナと同様の構成を有するものであり、外部に不必要な放射をしない非放射スロットである。結合スロット 108 は、その表裏にある MSA 給電回路 113 および給電ライン 109 を電磁界結合させる（すなわち、送信時であれば、給電ライン 109 から放射された電磁波は、スロット中のエア等を通り、MSA 給電回路 113 に到達する。また、受信時であれば、MSA 112 で受信された電磁波は、MSA 給電回路 113 を通り、スロット内に放射され、給電ライン 109 に到達する）。
- 10      15      9 に到達する）。

なお、結合スロットとアンテナ間の相互結合を低減する為に、結合スロット 108 を有する RF-アンテナ接続部 105 は、アンテナ基板 106 上で MSA 112 から所定の距離だけ離れた位置に配置される。

- 図 4 に RF-アンテナ接続部 105 のさらに詳細な構造を示す。ただし、ここでは、MSA 給電回路 113 が図 3 と異なる位置に配置されている場合の例を示す。図 3 では、MSA 給電回路 113 が給電ライン 109 と同じように結合スロット 108 の左側に設置されている場合を例にとって説明したが、図 4 に示すように、MSA 給電回路 113 は結合スロット 108 の（図 3 でいう）右側に設置されていても良い。
- 20      25      図 4 A は、RF-アンテナ接続部 105 を上面（図 3 の上方向）から見た図である。放熱ブロック 111 は図のように長形状にくり抜かれ、結合スロット 108 を形成している。ここで、結合スロット 108 と MSA 給電回

路 1 1 3 のフィードライン（給電線）は、電磁波の放射効率（インピーダンス特性）を良くするために、互いに直交するように設置されている。なお、図示しないが、同様に結合スロット 1 0 8 と給電ライン 1 0 9 も互いに直交するように設置されている。

- 5      また、W の値は、結合スロット 1 0 8 のインピーダンス特性を考慮すると小さいほど望ましい。一方、L の値も、非放射スロットにするためには小さいほど望ましいが、放熱ブロック 1 1 1 の厚さ  $t$  も考慮して、使用する周波数に応じて決定される。すなわち、放熱ブロック 1 1 1 の厚さ  $t$  は、放熱特性を考えると大きい値ほど望ましいが、L と  $t$  には比例関係があることがわ
- 10    かっており、 $t$  に応じて L を大きくすると結合スロット 1 0 8 を非放射とすることが困難となる。よって、非放射の実現と放熱特性の向上はトレードオフの関係にあり、L は使用する周波数を考慮して決定される。

- なお、ここでは、結合スロット 1 0 8 を上面から見た場合の形状が長方形である場合を例にとって説明したが、これに限定されず、W と L が上記の条件を満たす形状であれば他の形状であっても良い。
- 15

        図 4 B は、R F アンテナ接続部 1 0 5 を図 3 と同じ方向から見た断面図である。ここで、 $d_1$ 、 $d_2$  は、結合スロット 1 0 8 のインピーダンス特性が最適となる値に決定される。

- 一般に、高出力増幅器 1 0 2 のようなアクティブ素子には、素子自体の最大許容温度が規定されており、素子の温度がそれ以下の温度になるように放熱を考える必要がある。放熱が十分にできない場合には、そのような大電力を扱う素子は実装できないことになる。また、アクティブ素子は、高温になると利得が低下する特徴があり、素子温度を上げないような設計をすることで特性劣化を抑圧することができる。
- 20

- 25      そこで、本実施の形態においては、R F 基板 1 0 7 に実装された高出力増幅器が発生する熱を、R F 基板 1 0 7 を通して、R F 基板 1 0 7 に密着して設けられている熱伝導率の良い（例えば、銅製の）放熱ブロック 1 1 1 に伝



え、この放熱ブロックを介してエア上に熱を放出する。

また、本実施の形態においては、放熱ブロック 1 1 1 が存在するために、RF 基板 1 0 7（給電ライン 1 0 9）およびアンテナ基板 1 0 6（MSA 給電回路 1 1 3）との間が電氣的に分断されてしまうが、放熱ブロック 1 1 1  
5 の一部をくり抜いて結合スロット 1 0 8 を設けることにより、給電ライン 1 0 9 からの電力は、この結合スロット 1 0 8 を通り、MSA 給電回路 1 1 3 に供給される。すなわち、MSA 給電回路 1 1 3 および給電ライン 1 0 9 は電磁界結合される。また、このように、2 つの基板間を、例えば同軸ケーブルのような接続手段を用いて半田付け等で接続することなく結合することにより、通常  
10 の多層基板を製作するような工程で容易に製作することができる。

このように、本実施の形態によれば、高出力で、消費電力の大きいデバイスを使用した場合にも、十分な放熱効果を有することができ、そのデバイスの温度上昇による特性劣化を抑圧することができる。また、簡易な構造で小型化可能なアクティブアンテナを提供することができる。

15 （実施の形態 2）

図 5 は、本発明の実施の形態 2 に係るアクティブアンテナの構成を示すブロック図である。なお、このアクティブアンテナは、図 2 に示したアクティブアンテナと同様の基本的構成を有しており、同一の構成要素には同一の符号を付し、その説明を省略する。

20 本実施の形態の特徴は、図 2 に示したアンテナ 1 0 0 を 2 系統（アンテナ 1 0 0 a、アンテナ 1 0 0 b）有し、信号の空間合成を実現する構成となっていることである。

図 5 において、無線装置結合端 1 1 4 を介し無線装置から入力された送信信号は、送受切換器 1 0 4 で出力先が切り換えられ、分配合成器 2 0 4 に出力され、2 つの信号に分配される。分配合成器 2 0 4 の出力は、それぞれ高  
25 出力増幅器 1 0 2 a、1 0 2 b に入力される。高出力増幅器 1 0 2 a、1 0 2 b により増幅された送信信号は、送受切換器 1 0 1 a、1 0 1 b で出力先

が切り換えられ、アンテナ 100 a、100 b を介して空間上に放射される。  
一方、アンテナ 100 a、100 b を介し受信された信号は、送受切換器 101 a、101 b で出力先が切り換えられ、分配合成器 203 に入力され合成されて、低雑音増幅器 103 に出力される。低雑音増幅器 103 により増  
5 幅された受信信号は、送受切換器 104 で出力先が切り換えられ、無線装置結合端 114 を介し無線装置に出力される。

例えば、2つのアンテナから送信された無線信号を空間合成する場合には、増幅器の出力電力は理論的には半分でよい。またトータルで同じ出力電力であっても、最大電力が小さい増幅器を複数個用いる方が一般的にトータルの  
10 消費電力は小さくなる。本実施の形態では、この効果を狙っている。

このように、本実施の形態によれば、アンテナを複数配置し、それに接続する高出力増幅器も複数配置するため、1つの高出力増幅器の消費電力を下  
げることができ、高出力増幅器の特性を選択することで、1つの高出力な増幅器を用いるときより全体の消費電力の削減を図ることができる。

15 なお、ここでは、アンテナ部を2個有し、2合成の場合を例にとって説明したが、同様な構成で更に複数合成であっても良い。

#### (実施の形態3)

図6は、本発明の実施の形態3に係るアクティブアンテナの構成を示すブロック図である。なお、このアクティブアンテナは、図5に示したアクティ  
20 ブアンテナと同様の基本的構成を有しており、同一の構成要素には同一の符号を付し、その説明を省略する。

本実施の形態の特徴は、分配合成器 204 と高出力増幅器 102 a、102 b との間に、可変位相回路 301 a、301 b を挿入した構成となっていることである。

25 空間合成を行う回路においては、複数のアンテナより同位相で放射されなくてはならないが、実際には各デバイスのばらつき等によりずれることがあり、可変位相回路 301 a、301 b はそのずれを補正する機能を持つ。

このように、本実施の形態によれば、各デバイス自身のばらつき、および実装時の位相ばらつき等を補正するため、合成損を抑圧することができ、高利得なアクティブアンテナを実現することができる。

(実施の形態 4)

- 5 図 7 は、本発明の実施の形態 4 に係るアクティブアンテナの構成を示すブロック図である。なお、このアクティブアンテナは、図 6 に示したアクティブアンテナと同様の基本的構成を有しており、同一の構成要素には同一の符号を付し、その説明を省略する。

本実施の形態の特徴は、分配合成器 204 と可変位相回路 301a、301b との間に、可変利得回路 401a、401b を挿入した構成となっていることである。

空間合成を行う回路においては、複数のアンテナより同振幅で放射されなくてはならないが、実際には各デバイスのばらつき等によりずれることがあり、可変利得回路 401a、401b はそのずれを補正する機能を持つ。

- 15 このように、本実施の形態によれば、各デバイス自身のばらつき、および実装時の振幅ばらつき等を補正するため、合成損を抑圧することができ、高利得なアクティブアンテナを実現することができる。また、デバイスのランクを指定して購入しなくてもよくなるため、低コスト化が可能となる。

(実施の形態 5)

- 20 図 8 は、本発明の実施の形態 5 に係るアクティブアンテナの構成を示すブロック図である。なお、このアクティブアンテナは、図 7 に示したアクティブアンテナと同様の基本的構成を有しており、同一の構成要素には同一の符号を付し、その説明を省略する。

本実施の形態の特徴は、分配合成器 203 と送受切換器 101a、101b との間に、可変位相回路 501a、501b を挿入した構成となっていることである。

空間合成を行う回路においては、複数のアンテナより同位相で放射されな

くてはならないが、受信信号に対しても同様であり、実際には各デバイスのばらつき等によりずれることがあり、可変位相回路 501a、501b はそのずれを補正する機能を持つ。

- 5    このように、本実施の形態によれば、各デバイス自身のばらつき、および実装時の位相ばらつき等を補正するため、合成損を抑圧することができ、受信信号に対しても高利得なアクティブアンテナを実現することができる。

以上説明したように、本発明によれば、高出力で、消費電力の大きいデバイスを使用した場合にも、その特性劣化を抑圧し、簡易に、小型化可能なアクティブアンテナを実現することができる。

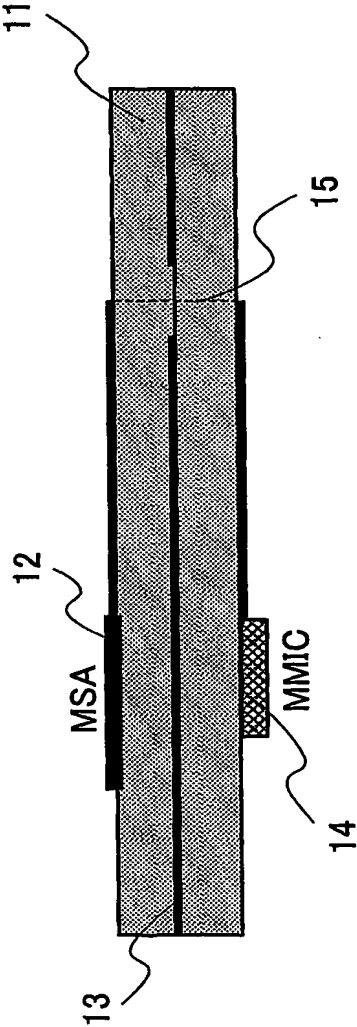
- 10    本明細書は、2002年11月15日出願の特願2002-332509に基づく。この内容はすべてここに含めておく。

#### 産業上の利用可能性

本発明は、無線機等に搭載されるアンテナに適用することができる。

## 請求の範囲

1. アンテナと、信号を増幅して前記アンテナに出力する高出力増幅器と、  
前記アンテナに受信された信号を増幅する低雑音増幅器とを具備するアクティ  
5 プアンテナであって、
- 前記アンテナおよび前記アンテナに給電する給電回路を含むアンテナ基板  
と、アクティブ素子である前記高出力増幅器および前記低雑音増幅器を実装  
するRF基板と、前記アンテナ基板と前記RF基板の間に挿入される放熱ブ  
ロックとを具備し、前記アンテナ基板と前記RF基板との間を結合スロット  
10 により電磁界結合させるアクティブアンテナ。
2. 前記アンテナを複数有し、前記高出力増幅器を前記アンテナと同数有  
し、信号を前記アンテナの数に分配して前記高出力増幅器に出力する分配器  
と、前記各アンテナに受信された信号を合成して前記低雑音増幅器に出力す  
る合成器とを具備し、信号の空間合成を行う請求の範囲1記載のアクティブ  
15 アンテナ。
3. 前記高出力増幅器と前記分配器との間、あるいは、前記高出力増幅器  
と前記アンテナとの間に可変位相回路を設ける請求の範囲2記載のアクティ  
ブアンテナ。
4. 前記高出力増幅器と前記分配器との間、あるいは、前記高出力増幅器  
20 と前記アンテナとの間に可変利得回路を設ける請求の範囲2記載のアクティ  
ブアンテナ。
5. 前記合成器と前記アンテナとの間に可変位相回路を設ける請求の範囲  
2記載のアクティブアンテナ。



PRIOR ART

図 1

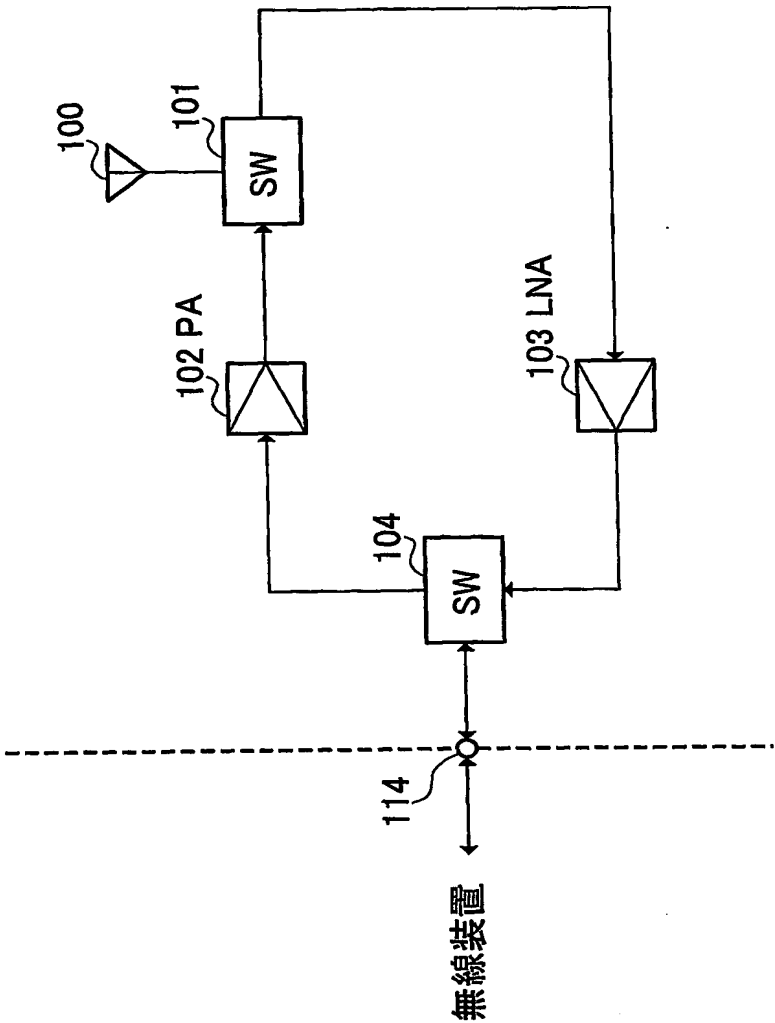


図 2

3/8

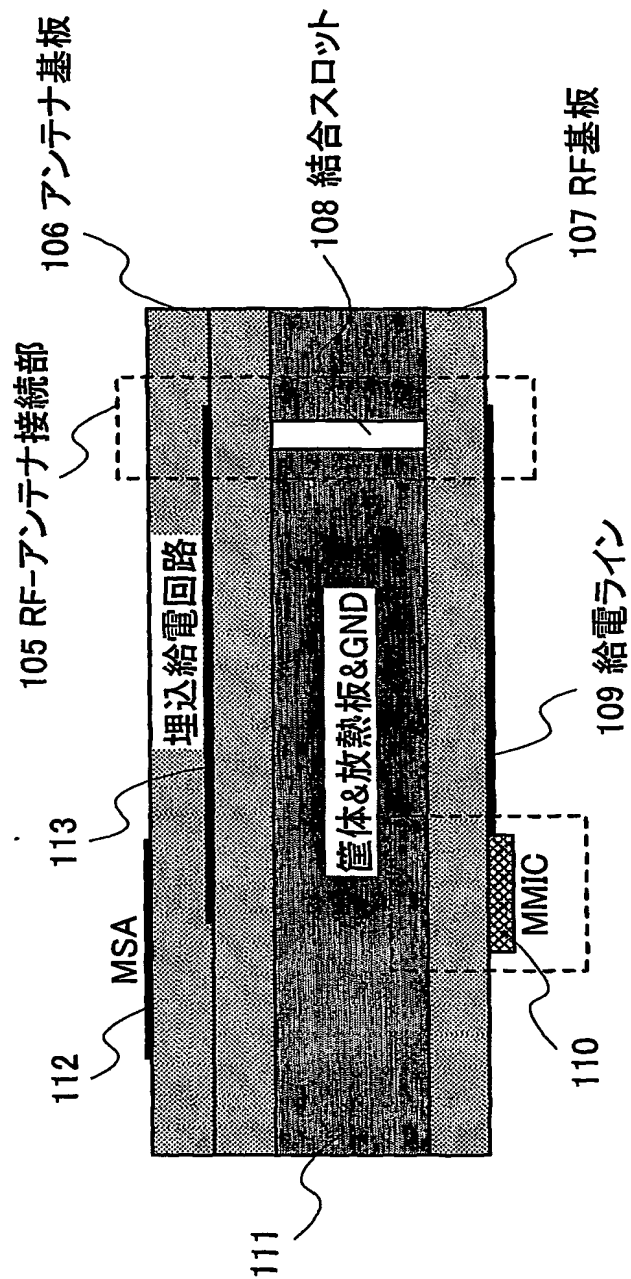


図 3



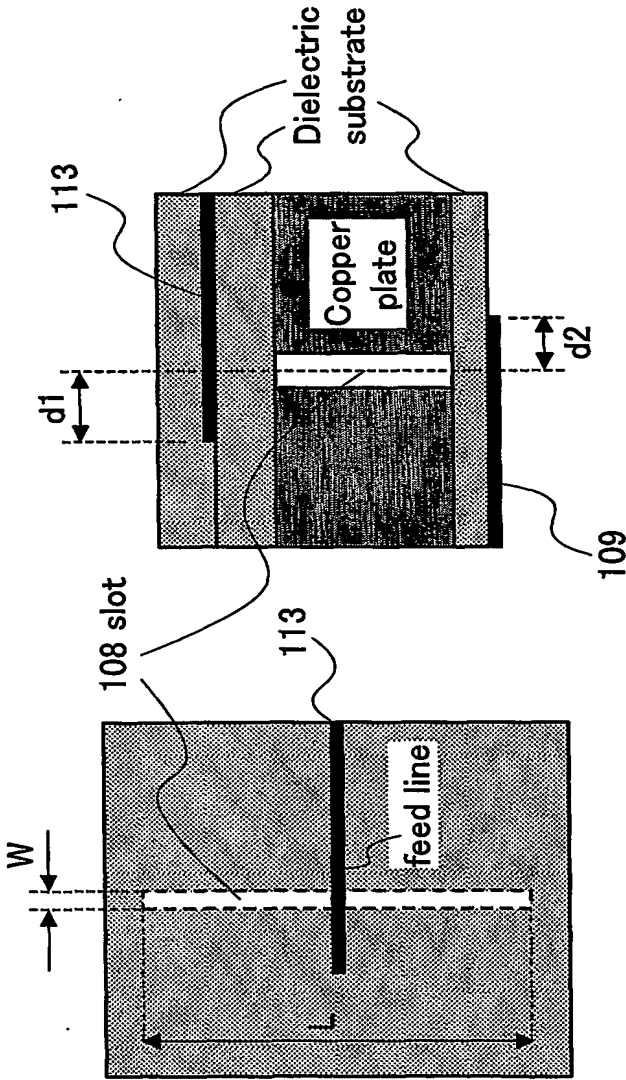


図 4B

図 4A

5/8

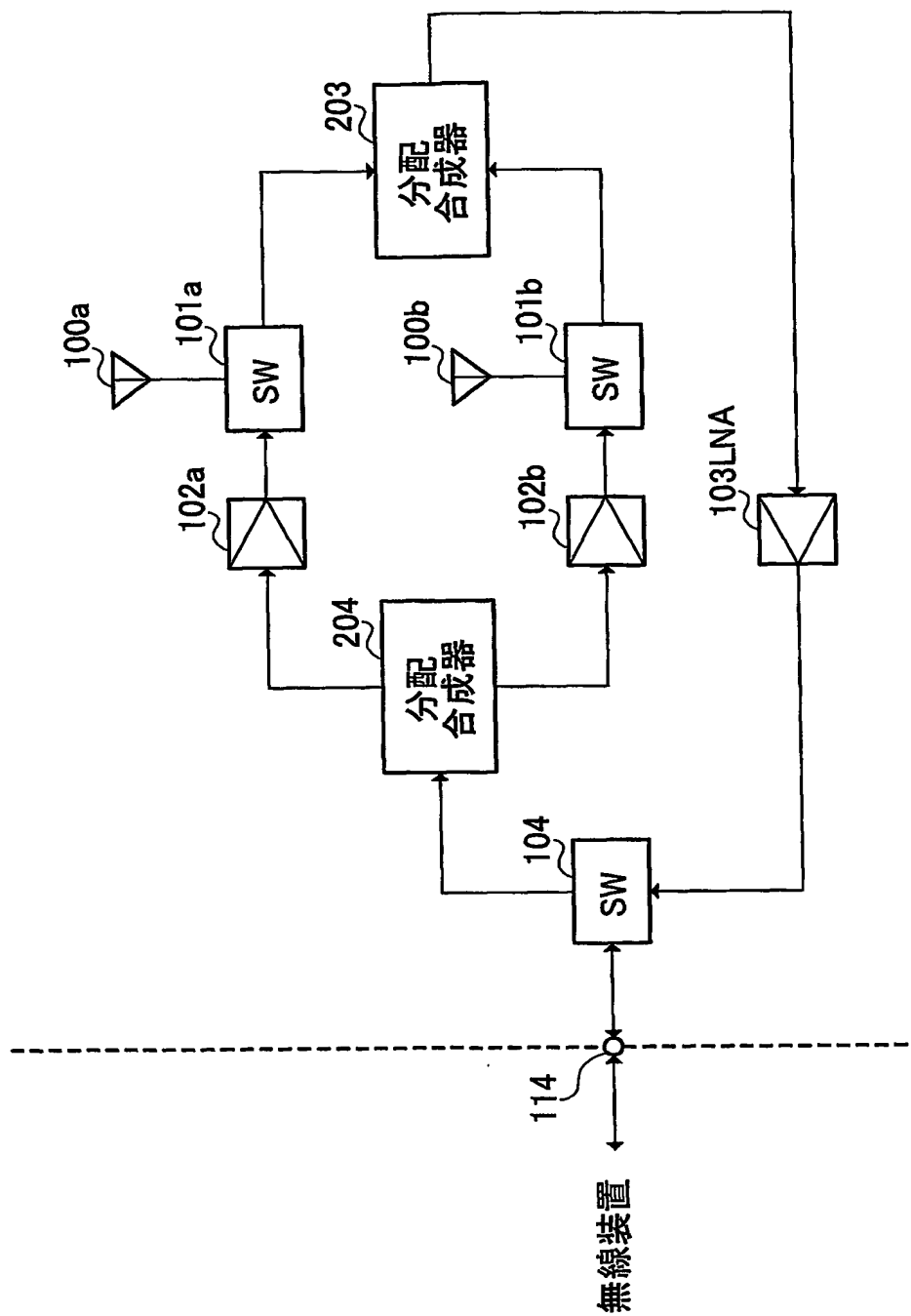


図 5

6/8

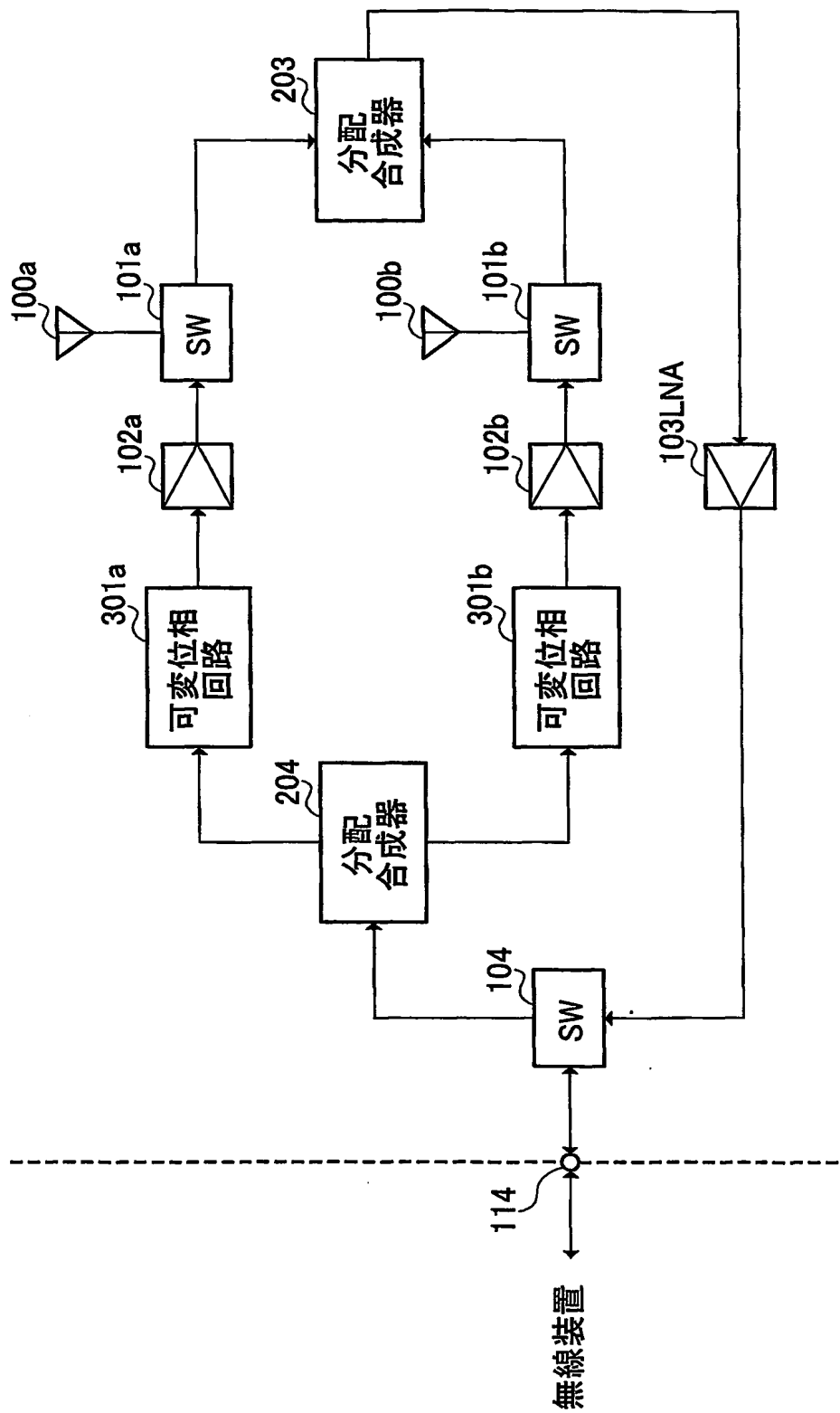


図 6

7/8

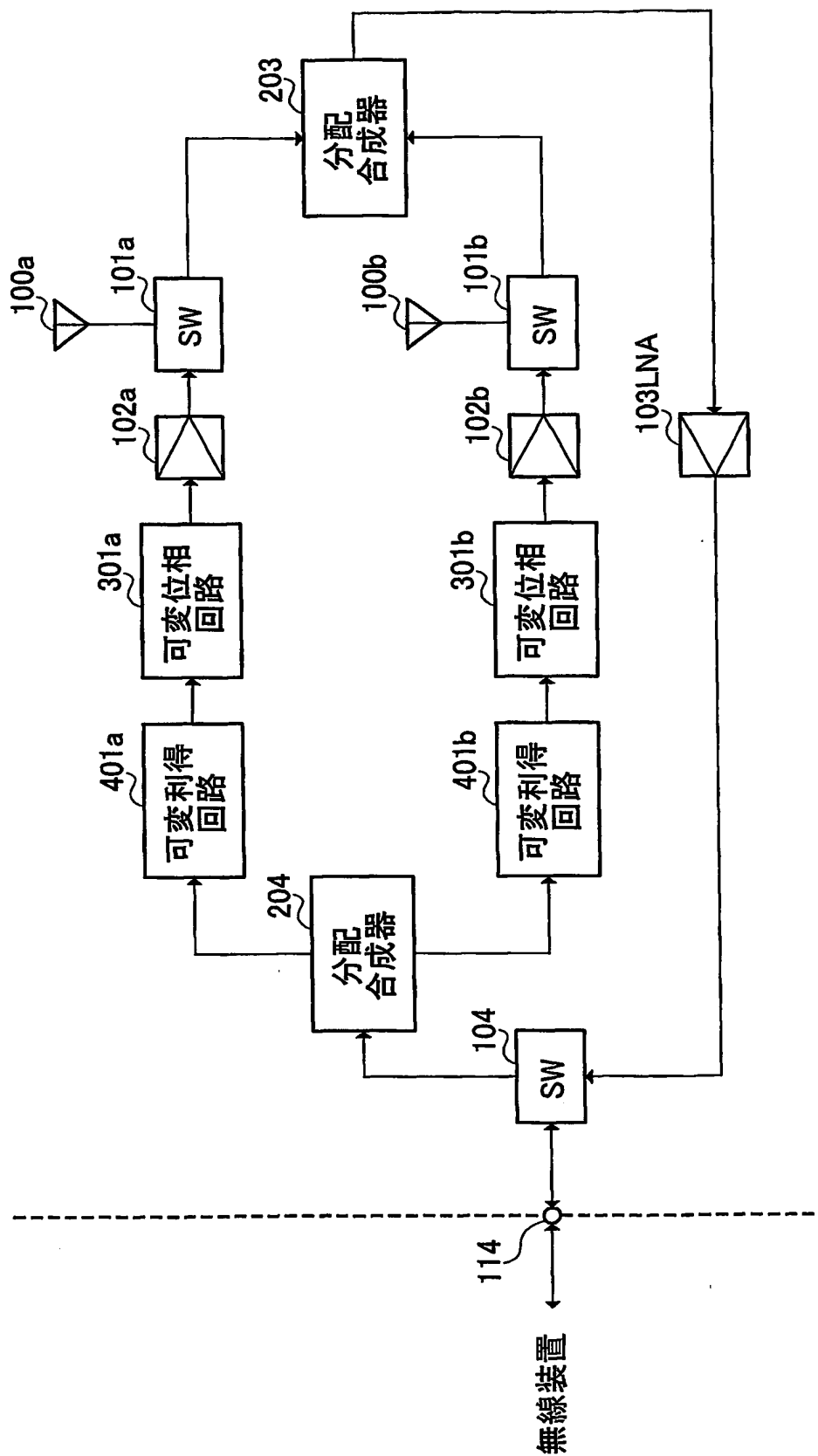


図 7

8/8

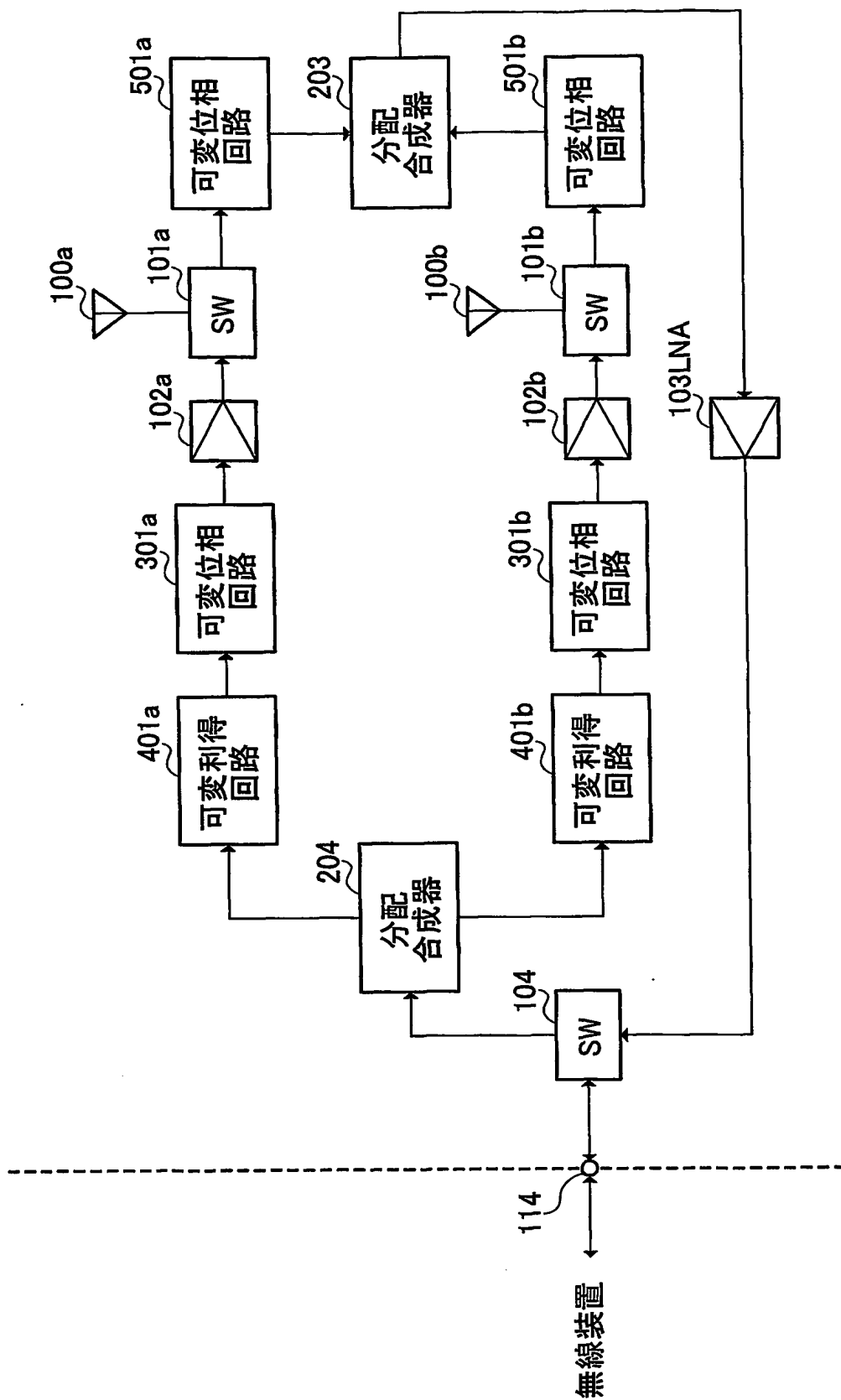


図 8